

인체모델 개발을 위한 객체지향적 데이터베이스의 구축

(An Object-oriented Database for the Development of an Ergonomic Man Model)

강 동석, 정 의승*

ABSTRACT

An object-oriented database was developed as a framework for integrating into ergonomic interface models data for workplace modelling and ergonomic evaluation functions as well as basic anthropometric data required to construct a man model. In order to develop an ergonomic man model representing operators that interact with his working environments, not only anthropometric data but also efficient handling of such data and accurate representation of the workspace are needed as a prerequisite to proper ergonomic evaluation.

Most existing man models are not, however, capable of fully utilizing these data due to the lack of a generalized formalism of data handling, which results in system performance degradation or a potential difficulty when the system is upgraded.

In this research, these three sets of data with distinct characteristics were incorporated into a common integrated database required to manipulate an ergonomic interface model fully coupled with the man model itself. An object-oriented scheme was used for the database design to achieve flexibility and expandability and efficiently interface to any CAD system. Specifically, UniSQL/X, an object-oriented database management system and the X-window system on SPARC workstation were used for implementation. The ergonomic man model generated from the object-oriented database is found to possess great flexibility and performance compared to existing ergonomic interface models or ergonomic CAD systems.

1. 서론

인간-기계 시스템(Man-Machine System)내에서, 인간과 그를 둘러싼 시스템과의 인터페이스를 효율적으로 설계하는 것이 HFE(Human Factors Engineer)의 목적이라 할 수 있다. HFE가 설계의 초기단계에서부터 인간공학적 지식을 적용하기 위해서는 인체측정에 관한 자료들을 설계상에서 쉽게 적용할 수 있는 시스템을 개발하는 것이 효과적이며 컴퓨터의 발달에 따라 이러한 형태의 인간공학적 지식을 쉽게 적용할 수 있는 컴퓨터 모델을 개발하여 설계단계에서부터 HFE의 역할을 증대시키고자 하는 노력들이 계속되어 왔다(Dooley, 1982). 인간-기계 시스템에서의 인간과 관련된 요소들은 서로 밀접하게 관련되어 있으므로 하나의 요소를 변화시키는 것은 필연적으로 다른 요소들에게도 영향을 미치게 되므로 이를 고려한 시스템 개발의 필요성이 높다.

이와 같은 목적을 위해서는 인체모델의 개발이 필수적이며, 구미에서는 이미 이러한 모형들이 다수 존재하고 있다. 이러한 인체모델을 개발하기 위해서는 관련 데이터베이스의 구축이 필수적이며, 이에 대한 데이터베이스로는 인체측정자료의 데이터베이스, 인체모델의 운용을 위한 데이터베이스, 그리고 Workplace Modeller를 위한 데이터베이스로 크게 구분할 수 있다. 그러나 구미에서 개발되어 있는 시스템들은 이러한 자료들을 단순한 파일형태로 저장, 운용하고 있으므로 자료의 복잡한 검색이나 시스템의 확장이 이루어질 경우 많은 문제점들을 내포하고 있다. 예를 들면 SAMMIE에서는 인체측정자료 데이터베이스를 각 Link의 평균길기와 표준편차로 표현하여 단순한 파일로 표시했고, COMBIMAN, CREW CHIEF에서는 Database Summary Statistics만을 저장하고 있다. 또한 이러한 인체모델들은 서구인의

* 포항공과대학 산업공학과

체형을 기초로 한 것이므로 한국인의 체형과는 차이가 있으며, 한국인 인체자료를 이용한 인체모델의 개발 또한 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 인체모델 개발의 기초적 단계인 데이터베이스의 구축을 그 목적으로 하여, 인체모델의 구성과 운용에 관한 자료들을 종합하여 이에 적합한 데이터베이스를 디자인하였다. 데이터베이스의 디자인 방법으로는 자료의 표현방식이 다양하고 자료의 재사용성(Reusability)을 높여 시스템의 확장이 용이한 객체지향적 (Object-oriented) 기법을 사용하였고, 객체지향적 Database Management System인 UniSQL/X와 X-Window를 이용하여 이를 구현하였다.

2. 인체자료의 데이터베이스 구축

인체모델의 개발을 위해서는 먼저 인체를 몇개의 지체로 구분할 것인가를 정한 후, 이에 따라 각 지체의 자유도와 표현방식을 결정해야 한다. 또한 이러한 결정방식에 적합한 데이터베이스가 디자인되어야 한다. 인체모델의 개발단계는 그림 1과 같이 요약할 수 있으며, 본 연구의 범위는 점선으로 표시된 부분에 해당하며, 이는 인체모델 개발의 기초작업에 해당한다.

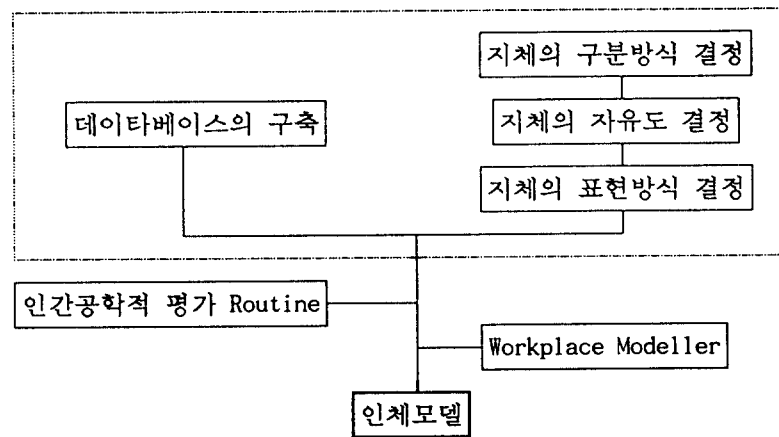


그림 1. 인체모델의 개발단계

이와 같이 인체모델의 개발에 있어서 데이터베이스의 구축은 기본적인 절차이며, 이에는 단순히 인체측정자료 데이터베이스(Anthropometric Database)에 관한 것 외에도, 인체모델의 운용을 위한 데이터베이스, Workplace Modeller를 위한 데이터베이스등이 있다.

이중에서 가장 기본적인 것은 인체측정자료 데이터베이스로서 인체모델의 구성과 인간공학적인 평가 기능을 개발하는 기초가 된다. 인체측정자료 데이터베이스는 인체의 각 부위에 대한 측정자료를 데이터베이스로 표현한 것으로, 성별, 연령별, Percentile별로 자료가 존재한다. 인체모델을 구성하는 경우 인체측정자료 데이터베이스에서 얻어진 자료를 이용하여 각각의 지체를 표현하고, 각 관절의 위치들을 결정할 수 있다. 인간공학적인 평가기능의 개발 측면에서는 측정된 자료들을 이용하여 눈으로 볼 수 있는 범위, 또는 팔을 앞으로 뻗은 길이 등을 이용한 손 도달거리등의 계산을 가능하게 한다.

인체모델의 운용을 위한 데이터베이스에는 지체의 움직임에 필요한 여러가지 변수의 값들(예를 들면 회전축의 정의, 관절의 동작범위 등)을 정의한 것으로 지체별로 데이터베이스를 구축하거나 각 관절의 자유도에 따라 각각의 데이터베이스를 만들수도 있다. 특히 여기서는 인체의 동작을 표현하는 부분이므로, 인체모델 시스템과 상호 유기적인 자료의 교환이 가능해야 하며 자료의 입출력 속도가 빨라

야만 한다.

Workplace Modeller는 일종의 단순화된 CAD 시스템으로, 인체모형을 이용하여 평가하고자 하는 시스템을 구성하는 것을 그 목적으로 하고 있으며, 여기에서 사용되는 데이터베이스는 평가하고자 하는 모형을 구성하는데 이용된다. 화면상에 표시되는 형상들에 대한 정보를 저장하고 삭제하는 기능, Menu System에 따른 명령어들의 수행에 따른 자료를 저장하는 기능 등 이에 관련된 데이터베이스는 복잡할 뿐만 아니라, 그 종류가 매우 다양하다.

3. 인체 데이터베이스와 인체모델링

인체모델의 구성

현재 구미에서 개발된 인체모형을 살펴보면, 인체를 구분한 방식에 차이점들이 있으며, 각 지체들의 구분방식에 따라 동작의 형태들이 달라진다. 이러한 모형들에서의 차이점은 대부분 몸통부분의 구분방식에서 찾아볼 수 있으며, 시스템에 따라 L5/S1을 기점으로 크게 두 부분, 혹은 L5/S1의 윗부분을 다시 구분하여 전체 몸통을 세부분으로 구분하고 있다. 본 연구에서는 인체를 몸통부분을 L5/S1을 기점으로 두부분으로 나누는 방식을 취했고, 인체를 15개의 지체로 구분하였으며, 이는 그림 2와 같은 계층도를 갖는다. 이 계층도는 인체동작의 종속성을 나타낸 것으로 Lower Torso를 기점으로 모든 동작이 행해지게 된다. 상지부분을 예를 들면 Upper Torso가 움직임에 따라 계층도의 하위에 있는 지체 즉, Head&Neck, Upper Arms, Lower Arms, Hands가 움직이게 된다는 것을 의미한다.

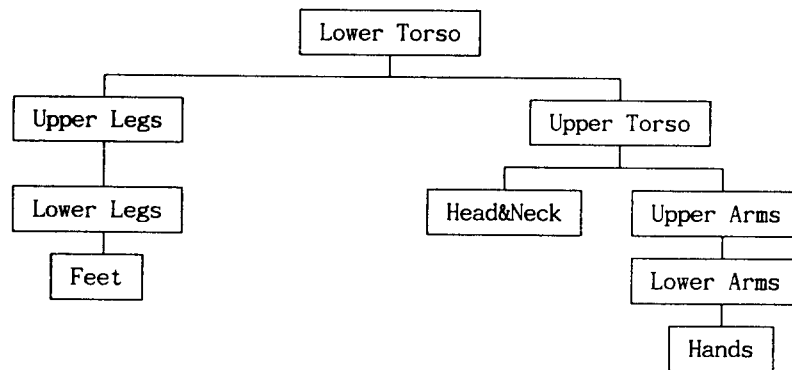


그림 2. 지체의 계층도

관절의 자유도 설정

인체를 각 지체들로 구분한 후에는 각 지체를 연결하는 관절의 자유도를 정의해야 하며, 이를 위해서는 각 관절에서 행할 수 있는 동작을 정의하는 것이 필요하며, 가능한 동작의 수가 그 관절에서의 자유도가 된다. 본 연구에서는 몸통부분과 목, 어깨, 고관절 부분이 3개의 자유도를 가지고, 팔꿈치와 무릎은 2개의 자유도를, 손목과 발목은 하나의 자유도를 가지는 것으로 정의하였다.

이와 같이 정해진 자유도에 따라 인체모형을 운용하기 위해서는 이러한 각 회전축들을 유기적으로 연결해 줄 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 Robotics에서 Kinematic Relation의 표현에 흔히 쓰이는 Denavit-Hartenberg Notation을 도입하여 인체의 회전축들을 표현하였다. Denavit-Hartenberg Notation의 장점은 두개의 Link를 4개의 Parameter만으로 표현할 수 있다는 것이

며, 이 4개의 Parameter는 하나의 변환행렬(Transformation Matrix)을 이루어, 이 행렬들의 곱으로 모든 회전축의 방향과 각 회전축의 원점을 산출할 수 있다.

인체모델의 표현방식

인체모델을 컴퓨터 화면상에 표현하는 방식은 크게 2가지로 분류된다. 첫번째 방식은 Stick Man의 형태로 인체의 각 관절을 선이나 호로 연결한 형태를 말한다. 이러한 방식은 인체모델의 표현방식 중 가장 간단한 형태로서, 다른 형태의 모델표현의 기본이 된다. 둘째로는 이러한 Stick Man에 Volume을 주는 형태로서 이 방식은 다시 두가지로 나뉘어 첫번째는 단순히 정해진 좌표점을 선이나 호로 이어주는 Wireframe형태이고 두번째로는 Solid Modelling이 있다. Wireframe모형은 구성이 간단하고 생성속도가 빠르다는 장점을 가지고 있지만, 구현방식에 따라 화면상의 모델이 눈으로 식별하기에는 너무 복잡한 형태를 가지며, Hidden Line Removal과 같이 Visual Enhancement가 가능하지 않다는 단점을 지니고 있다. Solid Modelling은 그 종류가 매우 다양하지만, 인체모델의 구현에 사용될 수 있는 형태는 Simple Boundry Representation(BREP), Sweep Surface, Ruled Surface 등을 들 수 있다.

상기의 표현방식 중 Sweep Surface나 Ruled Surface의 경우는 계산량이 많기 때문에 화면상에 즉각적인 결과를 제공하기가 힘들다. 그러나 Simple Boundary Representation Technique은 Vertex Point의 추출에 따라, 각 지체의 특징을 잘 표현할 수 있으며, Hidden Line Removal 등과 같은 작업에 빠른 수행속도를 보인다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 SAMMIE에서와 같이 일종의 Boundary Representation Technique을 이용하여 인체모델을 구현하였다.

객체지향적 데이터베이스의 구축

인체모델을 위한 데이터베이스를 구축하기 위하여 현재 존재하는 자료의 특성과 구현상의 특징들을 살펴보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 지체별로 계층(Hierarchy)이 존재한다. 이는 상위에 있는 지체를 움직일 경우, 그 하위에 있는 지체들 또한 이에 종속적으로 변화한다는 것이다.

- '국민표준체위조사'의 자료를 살펴보면, 인체부위의 중복측정이 존재한다. 예를 들어 팔에 대한 측정을 살펴보면 팔앞으로 뻗은길이, 전완길이, 손길이 등이 있어 팔 전체에 대한 측정과 팔의 세부 부위에 대한 측정이 함께 존재한다.

- 인체모델의 운용을 위한 데이터베이스에는 Set의 개념이 필요하다. 자유도의 예를 들면, 한 지체에 대해 1 ~ 3개의 자유도를 가지므로 회전축에 대한 Attribute의 Set이 존재한다.

- 지체별로 독립적인 자료의 운용이 필요하다. 이는 움직이는 지체가 상위에 있는 것이라면 그 지체와 그 지체로부터 하위에 있는 지체들만을 움직이는데 필요한 자료들만 다루면 된다는 것을 의미한다.

인체를 객체지향적으로 표현할 경우 이와 같은 인체모델 개발을 위한 데이터베이스의 특징들을 쉽게 반영할 수 있다. 인체를 객체지향적으로 표현하여 각 지체를 하나의 Class로 선언하면 각 지체별 자료운용이 가능하다. 또한 Class Hierarchy로 지체의 계층적 구조를, 측정부위의 중복에 관한 것은 Class Inheritance 또는 각각의 Class를 대표하는 인체측정자료로 구현할 수 있다. 자유도와 같은 Set 개념은 객체지향적 데이터베이스만이 지원하는 Set Valued Attribute로 구현가능하다.

인체를 객체지향적 데이터베이스로 표현하는 방법은 다수 존재하지만 본 연구에서는 다음과 같은 점들에 중점을 두고 Schema를 디자인하였다.

첫째, 모든 Atomic Part에 대해서는 다른 Class를 거치지 않고 즉각적인 입출력이 가능하도록 해야 한다. 이는 인체모델에서는 다른 일반적인 데이터베이스에서 보는 바와 같이 복잡한 Transaction이 일어나지 않으며, 일정한 Query(Age, Percentile, Gender)에 따른 값만을 빠른 시간내에 자료를 추출하거나 저장할 수 있는 것으로 충분하기 때문이다.

둘째, Method의 기능이 강조된다. 인체모델의 데이터베이스중 측정자료 데이터베이스의 내용은 항상 불변이고, 인체모델의 운용을 위한 데이터베이스만이 즉각적인 Update가 일어난다. 따라서 인체모델의 운용시 일어날 수 있는 경우들이 다양하고, 또한 이를 Method로 표현하여 모든 Class에서 동일하게 사용할 수 있다면 시스템의 효율성 측면에서 큰 이점을 가진다.

본 연구에서 다루는 데이터베이스는 인체모델의 구현과 이를 운용하는 방식을 하나의 데이터베이스로 표현하는 것으로, 인체의 Body_Structure를 최상위 개념으로하여 인체를 데이터베이스로 표현하였다. Body_Structure의 하위에는 Head&Neck, Upper, Lower, Upper_Arm, Lower_Arm, Hand, Upper_Leg, Lower_Leg, Foot, Arm, Torso, Leg의 12개의 Class가 Subclass로 존재하고, 또한 Upper, Lower, Upper_Arm, Lower_Arm, Hand, Upper_Leg, Lower_Leg, Foot 등의 Class는 해당하는 지체의 Class(Torso, Arm, Leg, Head_and_Neck)와 IS_PART_OF의 관계로 표현되었다.

또한 이러한 Atomic Part들의 결합으로 인체의 Subpart들을 구성하게 되고, 이들 역시 Body_Structure Class의 모든 Attribute들을 상속한다.

본 연구에서는 Torso를 두부분으로 구분하였으므로, Upper_Torso에 대해서는 Domain이 Upper Class인 Attribute를 가지고, Lower_Torso에 대해서는 Domain이 Lower Class인 Attribute를 갖는다. 이를 그림으로 표시하면 그림 3과 같다.

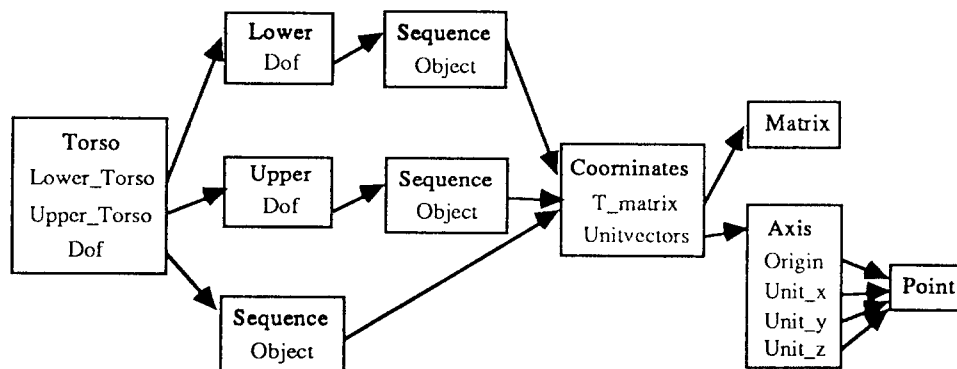


그림 3. Torso Class의 Schema Graph

Arm과 Leg은 각각 왼쪽과 오른쪽의 지체로 구분되고, 인체는 좌우 대칭으로 가정할 수 있으므로, 같은 Domain으로 표시하였다. 각 지체에 대한 Class 외에도 인체모델의 운용을 위하여 각 회전축을 정의하기 위한 Class들이 필수적이며, 이는 Coordinates라는 Class로 정의된다. 또한 Axis, Matrix, Point Class는 Coordinates Class를 정의하기 위하여 사용되는 부수적인 Class들이다.

Method의 구현

객체지향적 데이터베이스에서는 자료와 그 자료를 다루는 프로그램을 결합한 형태로 Class를 표현하며, 자료를 다루는 프로그램을 Method라고 말한다. Method는 구축된 데이터베이스의 재사용성

(Reusability)을 높여주는 역할을 하는데, 이는 Schema Graph에서 Superclass에 쓰이는 Method가 다른 Subclass에서도 사용될 수 있다는 점에서 그 유용성을 짐작할 수 있다. 예를 들어, 한 Superclass에 사각형의 면적을 계산하는 Method가 존재한다면 이는 상속성(Inheritance)을 이용하여 각각의 Subclass들에서도 사각형의 면적을 계산하는 작업을 동일하게 수행할 수 있다.

일반적으로 Method로 구현되는 Operation으로는 Elementary Operation이 대부분을 차지하게 되고, 이는 가장 기본적인 Method들이 정의된 후에 이들의 결합으로 고수준의 작업이 이루어질 수 있다. 또한 이러한 Elementary Operation에 대한 Method가 재사용성이 더욱 높다는 것은 확연한 사실이다.

인체모델의 개발을 위한 데이터베이스에서 쓰이는 Method들을 정의하기 위하여, 인체모델에서 필요한 기능들에 대한 Elementary Operation들을 정리하면 다음과 같다.

1) 지체의 동작

인체모델에서 가장 기본적이며 중요한 기능으로, 각 지체들을 정의된 회전축에 따라 회전시켜주는 기능이다. 지체가 회전축을 따라 회전한 후에는 이에 관련된 회전축과 Parameter들을 변화시켜주어야 하는데, 이를 위해서는 Denavit-Hartenberg Notation에 따라 변환행렬을 구성하여, 각 변환행렬들의 곱으로 회전축을 새로이 정의해야 한다. 이러한 Operation들을 표현하기 위해서는 다음과 같은 Elementary Operation들이 정의되어야 한다.

- 변환행렬의 구성

- : 4개의 Parameter로 변환행렬을 만들어 주는 역할을 한다.

- Denavit-Hartenberg Notation Parameter의 Update

- : 회전축의 변화에 따른 θ 값을 Update해 주는 역할을 한다.

- 새로운 회전축의 정의

- : Axis Class의 회전축에 대한 정보들을 Update하는 역할을 한다.

- 행렬의 곱을 행하는 Routine

- : 변환행렬들의 곱을 수행하는 역할을 한다.

2) 각 지체에 대한 Percentile 변화

현재 측정되어 있는 인체측정자료가 특정한 Percentile의 사람에 대해 84개 부위를 측정하는 것이 아니므로, 전술한 바와 같이 각 지체별로 원하는 부위에 대한 Percentile을 변화시킬 수 있는 기능이 요구된다. 특정지체의 크기가 달라졌을 경우, 그 지체와 관련있는 연결지체들은 각각의 Parameter가 변화한다. 즉, 인체지체의 계층도에서 변화한 지체의 하위 지체들은 관련 Parameter들의 Update가 필요하다는 것으로, 사용되는 Procedure는 지체를 움직였을 때와 동일하나 Denavit-Hartenberg Notation의 Parameter들 중 θ 이외의 값도 변화할 수 있다는 차이점이 있다.

3) Vertex Generation

사람의 각 지체는 지체 고유의 표현상의 특징을 가지고 있으므로, 일률적인 방식으로 지체를 표현하는 것은 적당하지 않다. 특히 머리, 손, 발과 같은 부위를 표현할 경우, 다른 지체들과는 구별되는 표현형태를 가진다. 결국, 인체의 각 지체는 지체의 특성을 고려한 표현방식이 존재한다고 할 수 있으며, 표현방법이 각각 다르다 할지라도 이를 지체를 구성하는 Class에 Method 형태로 저장한다면 쉽게 지체표현이 가능하며, 다양한 표현방식의 구현이 용이하다. 본 연구에서는 인체의 표현방식을 Boundary Representation Technique으로 결정하였으므로, 각 지체에 해당하는 Vertex Point들을 추출

하는 Routine이 존재해야 한다. 이 Method는 각 지체를 구성하는 Class마다 하나씩 존재하게 되며, 상속성을 이용하기 힘들다. 그러나 전체 지체를 일괄적인 방식으로 표현하고자 할 때에는 모든 Class에서 하나의 Method를 공유하도록 하는 것으로 충분하다.

4. 인체모델의 구현

본 연구에서는 인체모델을 형상화하기 위하여, 객체지향적 DBMS인 UniSQL/X와 일반적으로 널리 쓰이는 Window System인 X-Window를 이용하여 단순화된 인체모형을 개발하였다. 이 시스템에서는 데이터베이스를 다루는 부분에서 UniSQL/X를, User Interface와 인체모델의 형상화를 위해서는 X-Window를 이용하였다.

개발된 시스템에서 이용가능한 기능들은 다음과 같이 요약된다.

- Man : 특정 Age, Percentile, Gender에 해당하는 인체모델을 구현한다.
- Change : 특정부위(Torso, Head&Neck, Arm, Leg)의 Age, Percentile을 바꾸어 준다.
- Movement : 각 지체의 움직임(Flex/Extend, Abduct/Adduct, Rotation)을 표현한다.
- Pan : 화면에 구현된 인체모델을 원하는 위치로 이동시킨다.
- Viewpoint : 인체모델을 화면에 표시하는 Viewpoint를 변화시킨다.
- Zoom : 화면상의 특정부분을 확대하여 나타낸다.
- Scale : 전체화면의 크기를 조정한다.
- Hide : 전체화면의 Hidden Line을 제거시킨다.
- Retrieve : 특정부위(Torso, Head&Neck, Arm, Leg)의 인체측정 자료를 화면에 나타낸다.

또한, 그림 4에 개발된 시스템을 이용한 인체모델의 동작예가 나타나 있다.

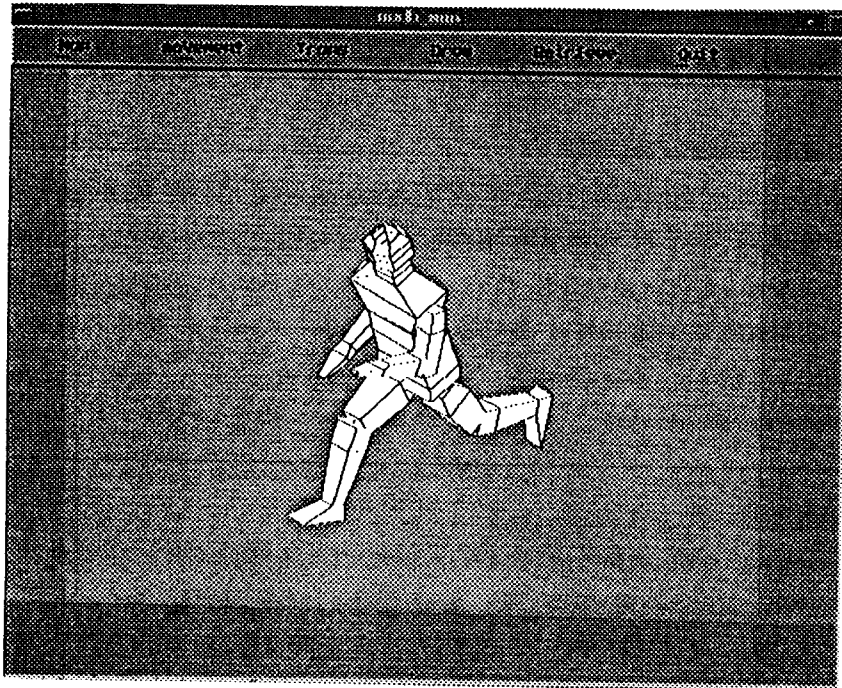


그림 4. 인체모델의 동작예

5. 결론 및 추후연구과제

본 연구에서는 인체모델의 개발을 위한 Database Schema를 설계, 이에 해당하는 한국인 인체측정 자료를 이용하여 데이터베이스를 구축하였다. 데이터베이스의 디자인 방식으로는 현실세계를 다양하게 표현할 수 있고, 확장이 용이한 객체지향적 기법을 이용하였다. 또한 객체지향적 DBMS인 UniSQL/X를 이용하여 이를 구현하고, X-Window와의 결합을 통해 인체모델의 Prototype을 개발하였다.

추후 연구과제로서는 평가하고자 하는 시스템을 구현하기 위한 Workplace Modeller의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 Workplace Modeller에 관한 부분은 언급하지 않았으므로 이에 대한 데이터베이스의 디자인과 Implementation이 필요하다 하겠다.

6. 참고문헌

한국 표준연구소(1986), 국민표준체위조사보고서, 공업진흥청.

Chaffin, D.B. and Andersson, G.(1984), Occupational Biomechanics, John Wiley.

Dooley, M.(1982), Anthropometric modelling programs-A survey. IEEE Computer Graphics and Applications, 2, 17-25.

Fu, K.S. , Gonzalez, R.C. and Lee, C.S.G.(1987), Robotics : Control, Sensing, Vision and Intelligence, McGraw-Hill.

Karwowski, W., Genaidy, A. & Asfour, S.S.(1990), Computer-Aided Ergonomics, Taylor & Francis Ltd.

Tim Korson and John D. McGregor(1990), Understanding Object-Oriented : A Unifying Paradigm, Communications of the ACM, 33(9).

Won Kim(1991), Introduction to Object-Oriented Databases, MIT Press.